

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-005620  
(43)Date of publication of application : 09.01.2002

---

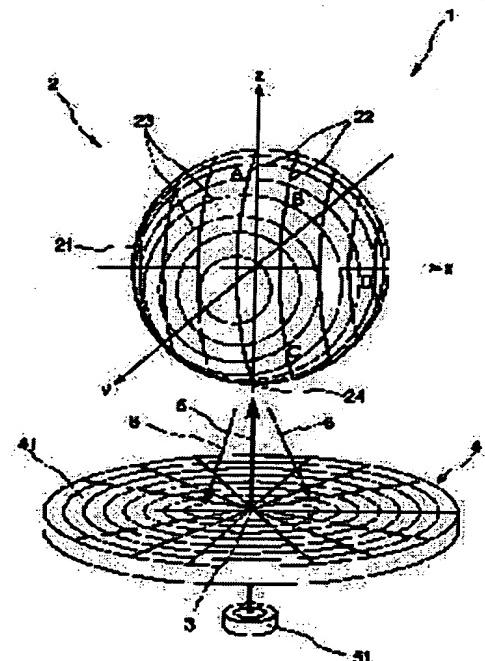
(51)Int.Cl. G01B 11/00  
G01D 5/38  
G01P 3/36  
G01P 3/44

---

(21)Application number : 2000-192711 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP  
(22)Date of filing : 27.06.2000 (72)Inventor : NAGASAKA KIMIO  
MIYAMAE AKIRA

---

## (54) POSITION-DETECTING METHOD AND MECHANISM THEREOF



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a position-detecting method and a position-detecting mechanism for detecting position on a spherical surface without causing increase in the size of a device or increase in complexity.

SOLUTION: A position-detecting mechanism 1 comprises a sphere 2 comprising a spherical surface 21 on which a diffraction lattice is formed, a laser beam projecting means 3 for irradiating a laser beam 5 to the spherical surface 21, and a read means 4, which receives diffraction light 6 of the laser beam 5 which is diffracted with the diffraction lattice for reading its diffraction pattern. Based on the diffraction pattern, an irradiation point 24 of the laser beam 5 on the spherical surface 21 is detected.

---

## CLAIMS

---

[Claim 1] The location detection approach characterized by detecting the location of the irradiating point of the laser light on said spherical surface by being the detection approach of the location in said spherical surface of the spherical-surface object which has the spherical surface, forming the diffraction grating in said spherical surface, irradiating laser light at said spherical surface, and reading the diffraction pattern of the diffracted light with a reading means.

[Claim 2] Said spherical-surface object is the location detection approach [ pivotable in the direction of a single dimension ] according to claim 1 relative at least to the aforementioned reading means centering on the core of the ball which constitutes said spherical surface.

[Claim 3] Said diffraction grating is the location detection approach according to claim 1 or 2 which consists of slots.

[Claim 4] It is the location detection approach according to claim 1 to 3 which consists of two or more circles [ diffraction grating / said ] centering on said x axis when two straight lines which intersect perpendicularly at the core of the ball which constitutes said spherical surface are made into a x axis and the y-axis, respectively, and two or more circles centering on said y-axis.

[Claim 5] Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said x axis is the location detection approach according to claim 4 of changing along said direction of a x axis.

[Claim 6] Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said y-axis is the location detection approach according to claim 4 or 5 of changing along said direction of the y-axis.

[Claim 7] The diameter of sphere which constitutes said spherical surface is the location detection approach according to claim 1 to 6 which is 0.05-1000mm.

[Claim 8] Said slot is the location detection approach according to claim 3 to 7 formed in the shape of a ctenidium.

[Claim 9] Said slot is the location detection approach according to claim 3 to 7 formed in the shape of the teeth of a saw.

[Claim 10] The aforementioned reading means is the location detection approach according to claim 1 to 9 which is what has a photo-electric-conversion means.

[Claim 11] Said photo-electric-conversion means is the location detection approach according to claim 10 which is a photodetector array or an image sensor.

[Claim 12] The beam diameter of said laser light is the location detection approach according to claim 1 to 11 which is 0.005-100mm.

[Claim 13] The wavelength of said laser light is the location detection approach according to claim 1 to 12 which is 0.4-1.7 micrometers.

[Claim 14] The location detection approach according to claim 1 to 13 which condenses the diffraction pattern of said diffracted light by optical system, and is read with the aforementioned reading means.

[Claim 15] The location detection approach according to claim 1 to 14 which irradiates said spherical surface by making said laser light into the parallel flux of light.

[Claim 16] The location detection device characterized by to have the spherical-surface object which has the spherical surface in which the diffraction grating was formed, the laser Mitsuteru gunner stage which irradiates laser light at said spherical surface, and a reading means to receive the diffracted light of said laser light diffracted by said diffraction grating, and to read the diffraction pattern, and to detect the location of the irradiating point of said laser light on said spherical surface

from said diffraction pattern.

[Claim 17] Said spherical-surface object is a location detection device [ pivotable in the direction of a single dimension ] according to claim 16 relative at least to a laser Mitsuteru gunner stage and the aforementioned reading means centering on the core of the ball which constitutes said spherical surface.

[Claim 18] Said diffraction grating is a location detection device according to claim 16 or 17 which consists of slots.

[Claim 19] It is the location detection device according to claim 16 to 18 which consists of two or more circles [ diffraction grating / said ] centering on said x axis when two straight lines which intersect perpendicularly at the core of the ball which constitutes said spherical surface are made into a x axis and the y-axis, respectively, and two or more circles centering on said y-axis.

[Claim 20] Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said x axis is the location detection device according to claim 19 in which it is changing along said direction of a x axis.

[Claim 21] Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said y-axis is the location detection device according to claim 19 or 20 in which it is changing along said direction of the y-axis.

[Claim 22] The diameter of sphere which constitutes said spherical surface is a location detection device according to claim 16 to 21 which is 0.05-1000mm.

[Claim 23] Said slot is a location detection device according to claim 18 to 22 formed in the shape of a ctenidium.

[Claim 24] Said slot is a location detection device according to claim 18 to 23 formed in the shape of the teeth of a saw.

[Claim 25] The aforementioned reading means is a location detection device according to claim 16 to 24 which is what has a photo-electric-conversion means.

[Claim 26] Said photo-electric-conversion means is a location detection device according to claim 25 which is a photodetector array or an image sensor.

[Claim 27] The beam diameter of said laser light is a location detection device according to claim 16 to 26 which is 0.005-100mm.

[Claim 28] The wavelength of said laser light is a location detection device according to claim 16 to 27 which is 0.4-1.7 micrometers.

[Claim 29] The location detection device according to claim 16 to 28 in which it has the optical system which condenses said diffracted light diffracted on said spherical surface.

[Claim 30] Said optical system is a location detection device according to claim 29 which makes said laser light which said laser Mitsuteru gunner stage emits the parallel flux of light, and irradiates said spherical-surface object.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the location detection approach in the spherical surface of a spherical-surface object which has the spherical surface.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the robot is used in various fields. A robot arm is mentioned as such a robot's example. Generally the encoder (especially rotary encoder) is used for the joint of a robot arm in order to control the motion.

[0003] An encoder detects the rotation (include angle) of the arm centering on a joint, and such control of a motion of a joint is further performed by feeding back the result to an actuator etc.

[0004] Drawing 19 is drawing showing the joint of a pivotable robot arm in 3 shaft orientations. Three encoders are used for this joint.

[0005] Encoder 13a has the composition of having installed the rotor plate 14 with a slit fixed to the shaft 17 between the light emitting device 15 and the photo detector 16. When rotating the rotor plate 14 with a slit and the optical path and slit 141 of light which were irradiated lap, the irradiated light is received by the photo detector 16, but when other, light is intercepted and is not received by the photo detector 16. Thus, the count of light-receiving of a photo detector 16 is detected, and angle of rotation of the rotor plate 14 with a slit is called for from the result. The count of light-receiving of a photo detector is similarly detected about Encoders 13b and 13c, and angle of rotation of a rotor plate with a slit is called for.

[0006] Thus, since three or more encoders needed to be used for 3 shaft orientations in the robot arm which has a pivotable joint, it enlarged and complicated and the miniaturization of equipment was difficult for the structure of the whole equipment.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is an easy configuration and is to offer the location detection approach and location detection device which enable detection of the location on the spherical surface.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Such a purpose is attained by this invention of following the (1) - (30).

[0009] (1) The location detection approach characterized by detecting the location of the irradiating point of the laser light on said spherical surface by being the detection approach of the location in said spherical surface of the spherical-surface object which has the spherical surface, forming the diffraction grating in said spherical surface, irradiating laser light at said spherical surface, and reading the diffraction pattern of the diffracted light with a reading means.

[0010] (2) Said spherical-surface object is the location detection approach given in the above (1) pivotable in the direction of a single dimension relative at least to the aforementioned reading means centering on the core of the ball which constitutes said spherical surface.

[0011] (3) Said diffraction grating is the location detection approach the above (1) which consists of slots, or given in (2).

[0012] (4) It is the location detection approach given in the above (1) thru/or either of (3) which consists of two or more circles [ diffraction grating / said ] centering on said x axis when two straight lines which intersect perpendicularly at the core of the ball which constitutes said spherical

surface are made into a x axis and the y-axis, respectively, and two or more circles centering on said y-axis.

[0013] (5) Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said x axis is the location detection approach given in the above (4) which is changing along said direction of a x axis.

[0014] (6) Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said y-axis is the location detection approach the above (4) which is changing along said direction of the y-axis, or given in (5).

[0015] (7) The diameter of sphere which constitutes said spherical surface is the location detection approach the above (1) which is 0.05-1000mm thru/or given in either of (6).

[0016] (8) Said slot is the location detection approach the above (3) formed in the shape of a ctenidium thru/or given in either of (7).

[0017] (9) Said slot is the location detection approach the above (3) formed in the shape of the teeth of a saw thru/or given in either of (7).

[0018] (10) The aforementioned reading means is the location detection approach the above (1) which is what has a photo-electric-conversion means thru/or given in either of (9).

[0019] (11) Said photo-electric-conversion means is the location detection approach given in the above (10) which is a photodetector array or an image sensor.

[0020] (12) The beam diameter of said laser light is the location detection approach the above (1) which is 0.005-100mm thru/or given in either of (11).

[0021] (13) The wavelength of said laser light is the location detection approach the above (1) which is 0.4-1.7 micrometers thru/or given in either of (12).

[0022] (14) The above (1) which condenses the diffraction pattern of said diffracted light by optical system, and is read with the aforementioned reading means thru/or the location detection approach given in either of (13).

[0023] (15) The above (1) which irradiates said spherical surface by making said laser light into the parallel flux of light thru/or the location detection approach given in either of (14).

[0024] (16) The location detection device characterized by to have the spherical-surface object which has the spherical surface in which the diffraction grating was formed, the laser Mitsuteru gunner stage which irradiates laser light at said spherical surface, and a reading means to receive the diffracted light of said laser light diffracted by said diffraction grating, and to read the diffraction pattern, and to detect the location of the irradiating point of said laser light on said spherical surface from said diffraction pattern.

[0025] (17) Said spherical-surface object is a location detection device given in the above (16) pivotable in the direction of a single dimension relative at least to a laser Mitsuteru gunner stage and the aforementioned reading means centering on the core of the ball which constitutes said spherical surface.

[0026] (18) Said diffraction grating is a location detection device the above (16) which consists of slots, or given in (17).

[0027] (19) It is a location detection device given in the above (16) thru/or either of (18) which consists of two or more circles [ diffraction grating / said ] centering on said x axis when two straight lines which intersect perpendicularly at the core of the ball which constitutes said spherical surface are made into a x axis and the y-axis, respectively, and two or more circles centering on said y-axis.

[0028] (20) Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said x axis is a location detection device given in the above (19) which is changing along said direction of a x axis.

[0029] (21) Spacing of the diffraction grating of the shape of a circle centering on said y-axis is a

location detection device the above (19) which is changing along said direction of the y-axis, or given in (20).

[0030] (22) The diameter of sphere which constitutes said spherical surface is a location detection device the above (16) which is 0.05-1000mm thru/or given in either of (21).

[0031] (23) Said slot is a location detection device the above (18) formed in the shape of a ctenidium thru/or given in either of (22).

[0032] (24) Said slot is a location detection device the above (18) formed in the shape of the teeth of a saw thru/or given in either of (23).

[0033] (25) The aforementioned reading means is a location detection device the above (16) which is what has a photo-electric-conversion means thru/or given in either of (24).

[0034] (26) Said photo-electric-conversion means is a location detection device given in the above (25) which is a photodetector array or an image sensor.

[0035] (27) The beam diameter of said laser light is a location detection device the above (16) which is 0.005-100mm thru/or given in either of (26).

[0036] (28) The wavelength of said laser light is a location detection device the above (16) which is 0.4-1.7 micrometers thru/or given in either of (27).

[0037] (29) The above (16) which has the optical system which condenses said diffracted light diffracted on said spherical surface thru/or a location detection device given in either of (28).

[0038] (30) Said optical system is a location detection device given in the above (29) which makes said laser light which said laser Mitsuteru gunner stage emits the parallel flux of light, and irradiates said spherical-surface object.

[0039]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains to a detail based on the suitable operation gestalt which shows the location detection approach and location detection device of this invention to an accompanying drawing.

[0040] Drawing 1 is the perspective view showing the operation gestalt of the location detection device of this invention. In addition, the direction which goes the direction which goes the direction which goes to right-hand side from the left-hand side in drawing 1 to a space near side from a "direction of x axis" and space back side from the bottom to "the direction of the y-axis" and the bottom is explained as "a direction of the z-axis."

[0041] As shown in drawing 1, the location detection device 1 of this invention consists of a spherical-surface object 2, a laser radiation means 3, and a reading means 4.

[0042] The spherical-surface object 2 has the spherical surface 21 on the front face. The spherical-surface object 2 may be hollow, or may be a solid.

[0043] Although especially the diameter of sphere that constitutes the spherical surface 21 is not limited, it is desirable that it is 0.05-1000mm, and it is more desirable that it is 0.5-100mm.

[0044] The spherical-surface object 2 is relatively installed pivotable to the laser radiation means 3 and the reading means 4 centering on the core (point O) of the ball which constitutes the spherical surface 21. Which a well-known thing is sufficient as the supporting structure of the spherical-surface object 2, for example, the curve concave surface corresponding to the spherical surface 21 is formed, the spherical-surface object 2 fits into this curve concave surface, and the structure held pivotable is mentioned.

[0045] The diffraction grating is formed on the spherical surface 21 which is a front face of the spherical-surface object 2. For this reason, if the laser light (incident light to the spherical surface) 5 is irradiated from a laser radiation means 3 to mention later, to the spherical surface 21, the laser light 5 will be diffracted by the diffraction grating in the irradiating point 24, and the diffracted light (Hikaru Idei from the spherical surface) 6 of the laser light 5 will be projected on the light-receiving

side 41 of the reading means 4.

[0046] When three shafts which intersect perpendicularly at Point O are made into a x axis, the y-axis, and the z-axis, the diffraction grating consists of a slot 22 of two or more shape of a circle centering on a x axis, and a slot 23 of two or more shape of a circle centering on the y-axis.

[0047] The pitch is dwindling the slot 22 along the direction of a x axis (going to +x from -x). The pitch is dwindling the slot 23 along the direction of the y-axis (- going to +y from y) similarly. In addition, even if the rate of change of the pitch of a slot 22 and the rate of change of a slot 23 are the same, you may differ.

[0048] Although what kind of thing is sufficient as it as long as the cross-section configuration of a slot (a slot 22 and slot 23) produces the diffracted light at the irradiating point 24, the thing (laminar grating) of the shape of a ctenidium as shown in drawing 2, the thing (blazed grid) of the shape of the teeth of a saw as shown in drawing 3, etc. are mentioned, for example.

[0049] You may differ, even if the cross-section configuration of a slot 22 and the cross-section configuration of a slot 23 are the same.

[0050] Although especially the pitch P of a slot 22 and a slot 23 is not limited, when wavelength of laser light is set to lambda, it is desirable that it is  $1.1\lambda-10\lambda$ , and it is more desirable that it is  $1.4\lambda-10\lambda$ .

[0051] Since an angle of diffraction theta 1 becomes it large that the pitch P of a slot is under a lower limit depending on the wavelength of laser light, spacing of the spot of the diffracted light 6 which appears on the light-receiving side 41 of the reading means 4 becomes large. For this reason, in order to read the diffraction pattern of the diffracted light 6, area of the light-receiving side 41 of the reading means 4 must be enlarged, and enlargement of equipment may be caused.

[0052] On the other hand, if the pitch P of a slot exceeds a upper limit, since spacing of the spot of the diffracted light 6 which appears on the light-receiving side 41 of the reading means 4 will become small, the reading precision of the diffraction pattern of the diffracted light 6 in the reading means 4 may fall.

[0053] Although it is not limited, when the refractive index of the medium near the front face of lambda and a spherical-surface object is set to n for the wavelength of laser light, as for especially depth-of-flute D, it is desirable that it is  $0.15\lambda/n - 2.2\lambda/n$  [μm], and it is more desirable that it is  $0.2\lambda/n - 0.6\lambda/n$  [μm].

[0054] Moreover, when the cross-section configuration of a slot is a ctenidium-like, among drawing 3, the blazed angle shown by theta 2 is prescribed by  $\theta_2 = \tan^{-1}(D/P)$ , and becomes settled in the above-mentioned pitch P and depth-of-flute D of a slot.

[0055] These values are with a slot 22 and a slot 23, and even if the same, they may differ. Although what kind of thing is sufficient as the formation approach of a slot, a machine marked line method, 2 flux-of-light interference method, the etching method, a replica method, etc. are mentioned, for example.

[0056] The laser Mitsuteru gunner stage 3 is a means for irradiating the laser light 5 on the spherical surface 21 of the spherical-surface object 2. The laser light 5 irradiated by the spherical surface 21 from the laser Mitsuteru gunner stage 3 is generated in the laser light source 51.

[0057] the light-receiving side 41 of the reading means 4 which the laser light 5 mentions later – it irradiates as the parallel flux of light from a center mostly.

[0058] In addition, the configuration which it installs in somewhere else and is irradiated using light guide means, such as an optical fiber, is sufficient as the light source.

[0059] The laser light 5 irradiated may be continuation light, or may be pulsed light. As a class of laser light 5, although gas laser (CO<sub>2</sub> laser etc.), solid state laser, dye laser, semiconductor laser, etc. are mentioned for example, it is desirable that it is semiconductor laser also especially in it.

[0060] Although the beam diameter of the laser light 5 changes a little with the pitches P of a slot, wavelength of the laser light 5, etc. which were formed on the spherical surface 21, it is desirable that it is 0.005-100mm, and it is more desirable that it is 0.01-3mm.

[0061] The diffraction pattern of the diffracted light 6 may be unable to be certainly read with the reading means 4 with the pitch P of a slot etc. as the beam diameter of the laser light 5 is under a lower limit.

[0062] On the other hand, if the beam diameter of the laser light 5 exceeds a upper limit, the area of the irradiating point 24 that the laser light 5 is irradiated may become large, the lap of the diffracted light 6 may become remarkable, and reading of the diffraction pattern of the diffracted light 6 irradiated on the light-receiving side 41 of the reading means 4 may become difficult.

[0063] Although the wavelength of the laser light 5 changes a little with pitches P of a slot etc., it is desirable that it is 0.4-1.7 micrometers, and it is more desirable that it is 0.6-1.6 micrometers.

[0064] Although especially the incident angle (angle of the normal of the spherical surface 21 in the irradiating point 24 and the direction of incidence of the laser light 5 to make) of the laser light 5 is not limited, it is desirable that it is 45 degrees or less, it is more desirable that it is 20 degrees or less, and it is still more desirable that it is about 0 degree (vertical incidence).

[0065] The reading means 4 receives the diffracted light 6 produced by diffracting the laser light 5 which carried out incidence to the irradiating point 24 by the diffraction grating in respect of [ 41 ] the light-receiving, and has the function to read the diffraction pattern.

[0066] The effective light-receiving field of the light-receiving side 41 of the reading means 4 should just be the magnitude which can include and read the diffraction pattern of the diffracted light 6 corresponding to them about all the points of the spherical surface 21.

[0067] As for the reading means 4, it is desirable that it is what has a photo-electric-conversion means. As for a photo-electric-conversion means, it is desirable that they are a photodetector array (PDA) and an image sensor (CCD). As a photo-electric-conversion means, improvement in the miniaturization of equipment and the detection precision of the diffracted light 6 etc. is attained by using a photodetector array (PDA) and an image sensor (CCD).

[0068] Next, correlation with the pattern of the diffraction grating formed on the spherical surface 21 and the diffraction pattern of the diffracted light 6 which the light-receiving side 41 of the reading means 4 receives is explained. Correlation with the pattern of the diffraction grating in each point shown with Point A, Point B, Point C, and Point D and its near and the diffraction pattern of the diffracted light 6 which the light-receiving side 41 of the reading means 4 receives is explained among drawing 1. Point A is a point on a y-z flat surface, and Point D is a point on a x-y flat surface. Moreover, Point B and Point C are in the location of the symmetry about a x-y flat surface.

[0069] First, it has the shape of a ctenidium as the cross-section configuration of a slot 22 and a slot 23 shows to drawing 2, and correlation with the pattern of the diffraction grating formed in the point A on the spherical surface 21 at the time of making the incident angle of laser light into 0 degree - Point D, and its near and the diffraction pattern of the diffracted light 6 which the light-receiving side 41 of the reading means 4 receives is explained.

[0070] When the incident angle of laser light is made into about 0 degree, as shown in drawing 2, in the diffraction grating which has the cross-section configuration of the shape of such a ctenidium, the primary [-] diffracted light occurs with the primary [+] diffracted light. In addition, the diffracted light whose absolute value of a degree is two or more is omitted and explained.

[0071] As shown in drawing 4, in near point A, the slot 22 and the slot 23 lie at right angles mostly. It seems that therefore, the diffraction pattern of the diffracted light 6 obtained when Point A is irradiated with the laser light 5 is shown in drawing 5.

[0072] Moreover, in near point B, as shown in drawing 6, it crosses in the form where a slot 22 and

a slot 23 correspond each side of a parallelogram. It seems that therefore, the diffraction pattern of the diffracted light 6 obtained when Point B is irradiated with the laser light 5 is shown in drawing 7

[0073] Similarly, as near point C is shown in drawing 8, it crosses in the form where a slot 22 and a slot 23 correspond each side of a parallelogram. It seems that the diffraction pattern of the diffracted light 6 obtained when Point C is irradiated with the laser light 5 is shown in drawing 9.

[0074] That is, the diffraction pattern obtained when Point C is irradiated with the laser light 5 has the diffraction pattern and mirror image relation which are obtained when Point B is irradiated with the laser light 5, and cannot be piled up by rotation. Therefore, the diffraction pattern of the diffracted light 6 enables it to distinguish Point B and Point C.

[0075] Near point D, as shown in drawing 10, the slot 22 and the slot 23 are almost parallel. Therefore, the diffraction pattern of the diffracted light 6 obtained when Point D is irradiated with the laser light 5 is observed as a point located in a line on about 1 straight line, as shown in drawing 11.

[0076] Next, it be the diffraction grating (blazed grid) of the shape of the teeth of a saw as the cross section configuration of a slot (a slot 22 and slot 23) show to drawing 3, and correlation with the pattern of the diffraction grating formed in the point A on the spherical surface 21 at the time of make the incident angle of laser light into 0 degree - Point D, and its near and the diffraction pattern of the diffracted light 6 which the light-receiving side 41 of the reading means 4 receive be explain.

[0077] In the blazed grid which has the blazed angle theta 2 of a certain specific range, although the +primary diffracted light 61 is generated as shown in drawing 3 when the incident angle of laser light is made into about 0 degree, the -primary diffracted light 62 is not generated. Therefore, the diffraction pattern of the diffracted light 6 obtained when Point A - Point D are irradiated with the laser light 5 comes to be shown in drawing 12 - drawing 15, respectively.

[0078] Thus, since the number of the spots of the diffracted light which appears on the light-receiving side 41 of the reading means 4 decreases, data processing by CPU mentioned later can be simplified.

[0079] Detection of the location on the spherical surface 21 using correlation with the configuration of the diffraction grating in each point on such the spherical surface 21 and the diffraction pattern of the diffracted light 6 which the reading means 4 receives is performed as follows, for example.

[0080] The memory in which the correlation of the configuration of the diffraction grating in each point on the spherical surface 21 (each point of the spherical surface 21 set up on the spherical surface 21 so that the whole might be covered mostly), and the diffraction pattern of the corresponding diffracted light 6 was beforehand built by CPU etc. is made to memorize, and the database is built (table-izing).

[0081] If the laser light 5 is turned to the spherical-surface object 2 and irradiated from the laser Mitsuteru gunner stage 3 in such the condition, the laser light 5 will be diffracted by the spherical surface 21, and the diffracted light 6 of the laser light 5 will be projected on the light-receiving side 41 of the reading means 4. Photo electric conversion of the diffraction pattern of the diffracted light 6 projected on the light-receiving side 41 is carried out, and the outputted signal is inputted into CPU etc.

[0082] The inputted signal is collated with said database beforehand memorized by memory, and the irradiating point 24 is specified by searching the data with which it agrees in a database (detection).

[0083] As mentioned above, although how to detect one on the spherical surface 21 was explained, according to this invention, the irradiating point 24 on the revolving spherical surface 21

is also detectable on real time. As the example, the laser light 5 is intermittently irradiated as pulsed light, and the method of detecting the diffraction pattern of the diffracted light 6 projected on the light-receiving side 41 of the reading means 4 synchronous with said pulsed light is mentioned. By performing such detection (continuous detection), it becomes possible to specify the hand of cut of a spherical-surface object, rotation distance, rotational speed, etc.

[0084] Drawing 16 is drawing showing other operation gestalten of the location detection device of this invention. The location detection device 1 shown in drawing 16 is hereafter explained focusing on difference with the above-mentioned operation gestalt, and the explanation is omitted about the same matter.

[0085] The laser light 5 emitted from the laser Mitsuteru gunner stage 3 is emission light (spherical wave). Moreover, by the location detection device 1 of this operation gestalt, the optical system which consists of lens (lens system) 18 grades is installed between the spherical-surface object 2 and the reading means 4.

[0086] Although the light emitted from the laser Mitsuteru gunner stage 3 is emission light, this light is made into the parallel flux of light with a lens 18, and this parallel flux of light is irradiated by the spherical surface 21. Moreover, it is condensed with a lens 18 and the diffracted light 6 of the laser light 5 diffracted at the irradiating point of the spherical surface 21 is projected on the light-receiving side 41 of the reading means 4.

[0087] Thus, the lens 18 has simultaneously the function as a collimator lens which makes laser light 5 the parallel flux of light, and the function as a condenser lens which condenses the diffracted light 6, projects on the light-receiving side 41, and makes small the spot of the diffracted light 6 on the light-receiving side 41 (it is made Sharp). Therefore, the reading precision of the diffraction pattern in the reading means 4 can be raised with an easy configuration.

[0088] Next, the application using the location detection approach of this invention and a location detection device is explained based on drawing 17 and drawing 18.

[0089] Drawing 17 is drawing showing the application which used for the joint of a robot arm the location detection device of this invention shown in drawing 1 and drawing 3.

[0090] The robot arm 7 consists of the 1st arm 9, the 2nd arm 10, an actuator 11, and an above-mentioned location detection device 1. The spherical-surface object 2 is being fixed to the 1st arm 9, and the laser Mitsuteru gunner stage 3 and the reading means 4 are being fixed to the 2nd arm 10. Moreover, the 2nd arm 10 is rotatable in the direction of arbitration centering on the core of the ball which is a joint 8 and constitutes the spherical surface 21 of the spherical-surface object 2 with an actuator 11.

[0091] When the laser light 5 (pulsed light) is irradiated towards the spherical-surface object 2 from the laser Mitsuteru gunner stage 3, the laser light 5 is diffracted by the spherical surface 21, and the diffracted light 6 is projected on the light-receiving side 41 of the reading means 4. From the diffraction pattern of the diffracted light 6, the irradiating point 24 is specified by approach which was mentioned above (detection).

[0092] Thus, it becomes possible by detecting one on the spherical surface 21 as an irradiating point 24 to specify the sense of the 2nd arm 10 in the condition, an include angle, etc. Therefore, initialization at the time of initiation of operation (zero return) becomes unnecessary.

[0093] Moreover, if an actuator 11 rotates the 2nd arm 10 where the laser light 5 is irradiated at the spherical surface 21, the diffraction pattern of the diffracted light 6 which the light-receiving side 41 of the reading means 4 receives will change. Detection of the irradiating point 24 is performed from the diffraction pattern of this diffracted light 6. By repeating specification of such an irradiating point and performing it, the relative hand of cut of the spherical-surface object 2, rotation distance, rotational speed, etc. are called for. Thereby, the hand of cut of the 2nd arm, rotation distance,

rotational speed, etc. are called for. Such information is fed back to actuation of an actuator 11. This becomes possible to control actuation of the 2nd arm 10 automatically.

[0094] In the robot arm 7 using such a location detection device 1, since two or more location detection devices are not needed even if it is the case where three-dimensions-actuation (for example, rotation to three directions centering on the x axis, the y-axis, and the z-axis in drawing 1) is performed, enlargement of equipment and complication can be prevented.

[0095] Drawing 18 is drawing showing the application which used for the pen (input means for computers) 12 the location detection device of this invention shown in drawing 1 and drawing 3.

[0096] A pen 12 has casing 121, the spherical-surface object 2 which functions as a nib, the laser radiation means 3, and the reading means 4. An attaching part 122 is formed in the point of a pen 12, and the spherical-surface object 2 is held pivotable at this attaching part 122. The laser radiation means 3 and the reading means 4 are contained in casing 121.

[0097] A pen 12 is in the condition which irradiated the laser light 5 (pulsed light) at the spherical surface 21, and is used by making it rotate, pressing the spherical-surface object 2 in space etc. At this time, the diffraction pattern of the diffracted light 6 which the light-receiving side 41 of the reading means 4 receives changes continuously. The hand of cut of the spherical-surface object 2, rotation distance, etc. can be found by repeating detection of the irradiating point 24 and performing it from these diffraction patterns. Thereby, it can ask for the migration locus of a nib.

[0098] Thus, the acquired information may be displayed on CRT etc. if needed. Moreover, such structure may be used for input means for computers, such as a mouse.

[0099] Thus, in this invention, since detection of the location by the diffraction of laser light is used, it is possible to perform location detection in case it is not accompanied by enlargement of equipment and complication but complicated actuation of the rotation to 3 shaft orientations of the spherical surface etc. is performed. Therefore, the application to the equipment with which a miniaturization like this operation gestalt and lightweight-ization are called for is also possible.

[0100] As shown in these applications, it is also possible for pinpointing the location on the spherical surface itself to use not the last purpose but the-like secondary information acquired from the positional information on the detected spherical surface 21 (single or continuous positional information).

[0101] Moreover, although the two above-mentioned examples were given as an application, the application of this invention is not limited to these.

[0102] As mentioned above, although the operation gestalt of illustration of the location detection approach and location detection device of this invention was explained, this invention is not limited to these and it can permute by the thing of the configuration of the component of a location detection device, and the arbitration which can demonstrate the effectiveness that especially a spherical-surface object is the same, and structure.

[0103] For example, the spherical-surface object should just have the spherical surface on a part of the front face [ at least ] like the shape of a semi-sphere.

[0104] Moreover, the slot which constitutes the diffraction grating formed on the spherical surface may be the thing of what kind of configuration, for example, may consist of two or more circles centering on a x axis, two or more circles centering on the y-axis, and two or more circles centering on the z-axis. Moreover, a part of slot [ at least ] formed on the spherical surface may consist of two or more semicircles (a semicircle like the circles of longitude of a globe) drawn by connecting two points which separated most mutually on the spherical surface.

[0105]

[Effect of the Invention] As stated above, according to the location detection approach and location detection device of this invention, it becomes possible to detect the location on the spherical

surface, without being accompanied by enlargement of equipment, and complication.

[0106] Moreover, the absolute location of not only a relative location but a spherical-surface object can be defined by making the pattern of the diffraction grating in spherical-surface-like each point, and the diffraction pattern of the diffracted light which the light-receiving side of a reading means receives correspond by 1 to 1. Therefore, the absolute location of the spherical surface can be pinpointed in the equipment using the location detection device of this invention etc., without initializing at the time of initiation of operation (zero recursion).

[0107] Furthermore, since it is possible to be a comparatively easy configuration and to perform location detection at the time of complicated actuation like the rotation to 3 shaft orientations of the spherical surface, without being accompanied by enlargement of equipment and complication, the application to all equipments of all fields, such as a robot's joint, a computer input unit, various sensors, and a measuring machine machine, is also possible.

(51) Int.Cl.  
G 01 B 11/00  
G 01 D 5/38  
G 01 P 3/36  
3/44

識別記号

F I  
G 01 B 11/00  
G 01 D 5/38  
G 01 P 3/36  
3/44

テマコード(参考)  
G 2 F 0 6 5  
A 2 F 1 0 3  
Z  
Z

審査請求 未請求 請求項の数30 O.L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-192711(P2000-192711)

(22)出願日 平成12年6月27日(2000.6.27)

(71)出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(72)発明者 長坂 公夫  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内  
(72)発明者 宮前 章  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内  
(74)代理人 100095728  
弁理士 上柳 雅善 (外1名)

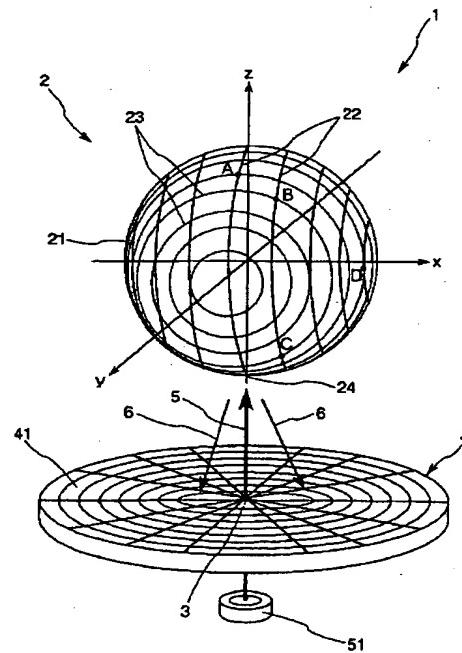
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 位置検出方法および位置検出機構

## (57)【要約】

【課題】 装置の大型化、複雑化を伴わずに、球面上の位置の検出を可能とする位置検出方法および位置検出機構を提供すること。

【解決手段】 本発明の位置検出機構1は、回折格子が形成された球面21を有する球面体2と、球面21にレーザー光5を照射するレーザー光照射手段3と、前記回折格子によって回折されたレーザー光5の回折光6を受光しその回折パターンを読み取る読取手段4とを有し、前記回折パターンから球面21上におけるレーザー光5の照射点24の位置を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 球面を有する球面体の前記球面における位置の検出方法であって、前記球面に回折格子が形成されており、前記球面にレーザー光を照射し、その回折光の回折パターンを読み取ることにより、前記球面上におけるレーザー光の照射点の位置を検出することを特徴とする位置検出方法。

【請求項 2】 前記球面体は、前記球面を構成する球の中心を中心として、前記読み取手段に対して相対的に、少なくとも一次元方向に、回転可能である請求項 1 に記載の位置検出方法。

【請求項 3】 前記回折格子は、溝で構成されている請求項 1 または 2 に記載の位置検出方法。

【請求項 4】 前記球面を構成する球の中心で直交する 2 本の直線をそれぞれ x 軸および y 軸としたとき、前記回折格子は、前記 x 軸を中心とする複数の円と、前記 y 軸を中心とする複数の円とで構成されている請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 5】 前記 x 軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記 x 軸方向に沿って変化している請求項 4 に記載の位置検出方法。

【請求項 6】 前記 y 軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記 y 軸方向に沿って変化している請求項 4 または 5 に記載の位置検出方法。

【請求項 7】 前記球面を構成する球の直径は、0.05 ~ 1000 mm である請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 8】 前記溝は、櫛歯状に形成されたものである請求項 3 ないし 7 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 9】 前記溝は、ノコギリ歯状に形成されたものである請求項 3 ないし 7 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 10】 前記読み取手段は、光電変換手段を有するものである請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 11】 前記光電変換手段は、フォトディテクタアレイまたは撮像素子である請求項 10 に記載の位置検出方法。

【請求項 12】 前記レーザー光のビーム径は、0.05 ~ 100 mm である請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 13】 前記レーザー光の波長は、0.4 ~ 1.7 μm である請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 14】 前記回折光の回折パターンを光学系で集光して、前記読み取手段で読み取る請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の位置検出方法。

【請求項 15】 前記レーザー光を平行光束として前記球面に照射する請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の

位置検出方法。

【請求項 16】 回折格子が形成された球面を有する球面体と、

前記球面にレーザー光を照射するレーザー光照射手段と、

前記回折格子によって回折された前記レーザー光の回折光を受光し、その回折パターンを読み取る読み取手段とを有し、

前記回折パターンから前記球面上における前記レーザー光の照射点の位置を検出することを特徴とする位置検出機構。

【請求項 17】 前記球面体は、前記球面を構成する球の中心を中心として、レーザー光照射手段および前記読み取手段に対して相対的に、少なくとも一次元方向に、回転可能である請求項 16 に記載の位置検出機構。

【請求項 18】 前記回折格子は、溝で構成されている請求項 16 または 17 に記載の位置検出機構。

【請求項 19】 前記球面を構成する球の中心で直交する 2 本の直線をそれぞれ x 軸および y 軸としたとき、前記回折格子は、前記 x 軸を中心とする複数の円と、前記 y 軸を中心とする複数の円とで構成されている請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 20】 前記 x 軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記 x 軸方向に沿って変化している請求項 1 ないし 20 に記載の位置検出機構。

【請求項 21】 前記 y 軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記 y 軸方向に沿って変化している請求項 1 ないし 20 に記載の位置検出機構。

【請求項 22】 前記球面を構成する球の直径は、0.05 ~ 1000 mm である請求項 16 ないし 21 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 23】 前記溝は、櫛歯状に形成されたものである請求項 1 ないし 22 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 24】 前記溝は、ノコギリ歯状に形成されたものである請求項 1 ないし 23 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 25】 前記読み取手段は、光電変換手段を有するものである請求項 1 ないし 24 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 26】 前記光電変換手段は、フォトディテクタアレイまたは撮像素子である請求項 25 に記載の位置検出機構。

【請求項 27】 前記レーザー光のビーム径は、0.05 ~ 100 mm である請求項 1 ないし 26 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 28】 前記レーザー光の波長は、0.4 ~ 1.7 μm である請求項 1 ないし 27 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 29】 前記球面上で回折された前記回折光を

集光する光学系を有する請求項 1 6 ないし 2 8 のいずれかに記載の位置検出機構。

【請求項 3 0】 前記光学系は、前記レーザー光照射手段が発する前記レーザー光を平行光束にして前記球面体に照射する請求項 2 9 に記載の位置検出機構。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は、球面を有する球面体の球面における位置検出方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 近年、様々な分野において、ロボットが用いられている。このようなロボットの一例として、ロボットアームが挙げられる。ロボットアームの関節には、その動きを制御する目的で、一般に、エンコーダ（特に、ロータリーエンコーダ）が用いられている。

【0 0 0 3】 このような関節の動きの制御は、エンコーダが、関節を中心としたアームの回転量（角度）を検出し、さらに、その結果がアクチュエータ等にフィードバックされることにより行われる。

【0 0 0 4】 図 1 9 は、3 軸方向に回転可能なロボットアームの関節を示す図である。この関節には、3 つのエンコーダが用いられている。

【0 0 0 5】 エンコーダ 1 3 a は、発光素子 1 5 と受光素子 1 6 との間に、軸 1 7 に固定されたスリット付き回転板 1 4 を設置した構成となっている。スリット付き回転板 1 4 を回転させた場合、照射された光の光路とスリット 1 4 1 とが重なるときには、照射された光は受光素子 1 6 に受光されるが、それ以外のときには、光は遮断され、受光素子 1 6 に受光されない。このようにして、受光素子 1 6 の受光回数が検出され、その結果から、スリット付き回転板 1 4 の回転角度が求められる。エンコーダ 1 3 b、1 3 c についても同様に受光素子の受光回数が検出され、スリット付き回転板の回転角度が求められる。

【0 0 0 6】 このように、3 軸方向に回転可能な関節を有するロボットアームにおいては、エンコーダを 3 つ以上用いる必要があるので、装置全体の構造は大型化、複雑化し、装置の小型化が困難であった。

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、簡単な構成で、球面上の位置の検出を可能とする位置検出方法および位置検出機構を提供することにある。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】 このような目的は、下記 (1) ~ (3 0) の本発明により達成される。

【0 0 0 9】 (1) 球面を有する球面体の前記球面における位置の検出方法であって、前記球面に回折格子が形成されており、前記球面にレーザー光を照射し、その回折光の回折パターンを読取手段で読み取ることにより、前記球面上におけるレーザー光の照射点の位置を検

出することを特徴とする位置検出方法。

【0 0 1 0】 (2) 前記球面体は、前記球面を構成する球の中心を中心として、前記読取手段に対して相対的に、少なくとも一次元方向に、回転可能である上記 (1) に記載の位置検出方法。

【0 0 1 1】 (3) 前記回折格子は、溝で構成されている上記 (1) または (2) に記載の位置検出方法。

【0 0 1 2】 (4) 前記球面を構成する球の中心で直交する 2 本の直線をそれぞれ x 軸および y 軸としたとき、前記回折格子は、前記 x 軸を中心とする複数の円と、前記 y 軸を中心とする複数の円とで構成されている上記 (1) ないし (3) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 1 3】 (5) 前記 x 軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記 x 軸方向に沿って変化している上記 (4) に記載の位置検出方法。

【0 0 1 4】 (6) 前記 y 軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記 y 軸方向に沿って変化している上記 (4) または (5) に記載の位置検出方法。

【0 0 1 5】 (7) 前記球面を構成する球の直径は、0. 0 5 ~ 1 0 0 0 mm である上記 (1) ないし (6) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 1 6】 (8) 前記溝は、櫛歯状に形成されたものである上記 (3) ないし (7) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 1 7】 (9) 前記溝は、ノコギリ歯状に形成されたものである上記 (3) ないし (7) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 1 8】 (10) 前記読取手段は、光電変換手段を有するものである上記 (1) ないし (9) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 1 9】 (11) 前記光電変換手段は、フォトダイテクタアレイまたは撮像素子である上記 (10) に記載の位置検出方法。

【0 0 2 0】 (12) 前記レーザー光のビーム径は、0. 0 0 5 ~ 1 0 0 mm である上記 (1) ないし (11) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 2 1】 (13) 前記レーザー光の波長は、0. 4 ~ 1. 7 μm である上記 (1) ないし (12) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 2 2】 (14) 前記回折光の回折パターンを光学系で集光して、前記読取手段で読み取る上記 (1) ないし (13) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 2 3】 (15) 前記レーザー光を平行光束として前記球面に照射する上記 (1) ないし (14) のいずれかに記載の位置検出方法。

【0 0 2 4】 (16) 回折格子が形成された球面を有する球面体と、前記球面にレーザー光を照射するレーザー光照射手段と、前記回折格子によって回折された前記レーザー光の回折光を受光し、その回折パターンを読み

取る読取手段とを有し、前記回折パターンから前記球面上における前記レーザー光の照射点の位置を検出することを特徴とする位置検出機構。

【0025】(17) 前記球体は、前記球面を構成する球の中心を中心として、レーザー光照射手段および前記読取手段に対して相対的に、少なくとも一次元方向に、回転可能である上記(16)に記載の位置検出機構。

【0026】(18) 前記回折格子は、溝で構成されている上記(16)または(17)に記載の位置検出機構。

【0027】(19) 前記球面を構成する球の中心で直交する2本の直線をそれぞれx軸およびy軸としたとき、前記回折格子は、前記x軸を中心とする複数の円と、前記y軸を中心とする複数の円とで構成されている上記(16)ないし(18)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0028】(20) 前記x軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記x軸方向に沿って変化している上記(19)に記載の位置検出機構。

【0029】(21) 前記y軸を中心とする円状の回折格子の間隔は、前記y軸方向に沿って変化している上記(19)または(20)に記載の位置検出機構。

【0030】(22) 前記球面を構成する球の直径は、0.05~1000mmである上記(16)ないし(21)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0031】(23) 前記溝は、歯状に形成されたものである上記(18)ないし(22)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0032】(24) 前記溝は、ノコギリ歯状に形成されたものである上記(18)ないし(23)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0033】(25) 前記読取手段は、光電変換手段を有するものである上記(16)ないし(24)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0034】(26) 前記光電変換手段は、フォトダイオドアレイまたは撮像素子である上記(25)に記載の位置検出機構。

【0035】(27) 前記レーザー光のビーム径は、0.005~100mmである上記(16)ないし(26)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0036】(28) 前記レーザー光の波長は、0.4~1.7μmである上記(16)ないし(27)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0037】(29) 前記球面上で回折された前記回折光を集光する光学系を有する上記(16)ないし(28)のいずれかに記載の位置検出機構。

【0038】(30) 前記光学系は、前記レーザー光照射手段が発する前記レーザー光を平行光束にして前記球体に照射する上記(29)に記載の位置検出機構。

### 【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明の位置検出方法および位置検出機構を添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0040】図1は、本発明の位置検出機構の実施形態を示す斜視図である。なお、図1中の左側から右側に向かう方向を「x軸方向」、紙面奥側から紙面手前側に向かう方向を「y軸方向」、下側から上側に向かう方向を「z軸方向」として説明する。

【0041】図1に示すように、本発明の位置検出機構1は、球面体2と、レーザー照射手段3と、読取手段4などで構成されている。

【0042】球面体2は、その表面に球面21を有している。球面体2は、中空であっても、中実であってもよい。

【0043】球面21を構成する球の直径は、特に限定されないが、0.05~1000mmであるのが好ましく、0.5~100mmであるのがより好ましい。

【0044】球面体2は、球面21を構成する球の中心(点O)を中心として、レーザー照射手段3および読取手段4に対して、相対的に回転可能に設置されている。球面体2の支持構造は、公知のいずれのものでもよく、例えば、球面21に対応する湾曲凹面が形成され、この湾曲凹面に球面体2がはまって、回転可能に保持される構造等が挙げられる。

【0045】球面体2の表面である球面21上には、回折格子が形成されている。このため、後述するレーザー照射手段3からレーザー光(球面への入射光)5が、球面21に対して照射されると、レーザー光5は、照射点24における回折格子で回折され、レーザー光5の回折光(球面からの出射光)6が、読取手段4の受光面41に投影される。

【0046】点Oで直交する3本の軸をx軸、y軸およびz軸としたとき、回折格子は、x軸を中心とする複数の円状の溝22と、y軸を中心とする複数の円状の溝23などで構成されている。

【0047】溝22は、x軸方向に沿って(-xから+xに向かって)、そのピッチが漸減している。同様に溝23は、y軸方向に沿って(-yから+yに向かって)、そのピッチが漸減している。なお、溝22のピッチの変化率と、溝23の変化率とは、同一であっても、異なっていてもよい。

【0048】溝(溝22および溝23)の断面形状は、照射点24で回折光を生じるものであれば、いかなるものでもよいが、例えば、図2に示すような歯状のもの(ラミネート格子)や、図3に示すようなノコギリ歯状のもの(ブレード格子)等が挙げられる。

【0049】溝22の断面形状と溝23の断面形状とは、同一であっても、異なっていてもよい。

【0050】溝22および溝23のピッチPは、特に限

定されないが、レーザー光の波長を $\lambda \mu m$ としたとき、 $1.1\lambda \sim 10\lambda \mu m$ であるのが好ましく、 $1.4\lambda \sim 10\lambda \mu m$ であるのがより好ましい。

【0051】溝のピッチPが、下限値未満であると、レーザー光の波長によっては、回折角 $\theta_1$ が大きくなるため、読取手段4の受光面41上に現れる回折光6のスポットの間隔が大きくなる。このため、回折光6の回折パターンを読み取るためには、読取手段4の受光面41の面積を大きくしなければならなくなり、装置の大型化を招く場合がある。

【0052】一方、溝のピッチPが、上限値を超えると、読取手段4の受光面41上に現れる回折光6のスポットの間隔が小さくなるため、読取手段4における回折光6の回折パターンの読み取り精度が低下する可能性がある。

【0053】溝の深さDは、特に限定されないが、レーザー光の波長を $\lambda \mu m$ 、球面体の表面付近の媒質の屈折率をnとしたとき、 $0.15\lambda/n \sim 2.2\lambda/n [\mu m]$ であるのが好ましく、 $0.2\lambda/n \sim 0.6\lambda/n [\mu m]$ であるのがより好ましい。

【0054】また、溝の断面形状が櫛歯状であるとき、図3中、 $\theta_2$ で示すブレーズド角は、 $\theta_2 = \tan^{-1}(D/P)$ で規定され、前述の溝のピッチPおよび溝の深さDで定まる。

【0055】これらの値は、溝22と溝23とで、同一であっても、異なっていてもよい。溝の形成方法は、いかなるものでもよいが、例えば、機械刻線法、2光束干渉法、エッティング法、レプリカ法等が挙げられる。

【0056】レーザー光照射手段3は、球面体2の球面21上に、レーザー光5を照射するための手段である。レーザー光照射手段3から球面21に照射されるレーザー光5は、レーザー光源51で発生されたものである。

【0057】レーザー光5は、後述する読取手段4の受光面41のほぼ中央から平行光束として照射される。

【0058】なお、光源は、別の場所に設置し、光ファイバー等の導光手段を用いて照射する構成でもよい。

【0059】照射されるレーザー光5は、連続光であっても、パルス光であってもよい。レーザー光5の種類としては、例えば、ガスレーザー( $CO_2$ レーザー等)、固体レーザー、色素レーザー、半導体レーザー等が挙げられるが、その中でも特に、半導体レーザーであるのが好ましい。

【0060】レーザー光5のビーム径は、球面21上に形成された溝のピッチPやレーザー光5の波長等によって若干異なるが、 $0.005 \sim 100 mm$ であるのが好ましく、 $0.01 \sim 3 mm$ であるのがより好ましい。

【0061】レーザー光5のビーム径が下限値未満であると、溝のピッチP等によっては、読取手段4で回折光6の回折パターンが確実に読み取れない可能性がある。

【0062】一方、レーザー光5のビーム径が上限値を

超えると、レーザー光5が照射される照射点24の面積が大きくなり、回折光6の重なりが顕著となり、読取手段4の受光面41上に照射される回折光6の回折パターンの読み取りが困難となる可能性がある。

【0063】レーザー光5の波長は、溝のピッチP等によって若干異なるが、 $0.4 \sim 1.7 \mu m$ であるのが好ましく、 $0.6 \sim 1.6 \mu m$ であるのがより好ましい。

【0064】レーザー光5の入射角(照射点24における球面21の法線と、レーザー光5の入射方向とのなす角)は、特に限定されないが、 $45^\circ$ 以下であるのが好ましく、 $20^\circ$ 以下であるのがより好ましく、ほぼ $0^\circ$ (垂直入射)であるのがさらに好ましい。

【0065】読取手段4は、照射点24に入射したレーザー光5が回折格子で回折されることにより生じた回折光6をその受光面41にて受光し、その回折パターンを読み取る機能を有する。

【0066】読取手段4の受光面41の有効受光領域は、球面21の全ての点について、それらに対応する回折光6の回折パターンを包含し、読み取ることが可能である大きさであればよい。

【0067】読取手段4は、光電変換手段を有するものであるのが好ましい。光電変換手段は、フォトディテクタアレイ(PDA)、撮像素子(CCD)であるのが好ましい。光電変換手段として、フォトディテクタアレイ(PDA)、撮像素子(CCD)を用いることにより、装置の小型化、回折光6の検出精度の向上等が可能となる。

【0068】次に、球面21上に形成された回折格子のパターンと、読取手段4の受光面41が受光する回折光6の回折パターンとの相関について説明する。図1中、点A、点B、点Cおよび点Dで示す各点およびその近傍における回折格子のパターンと、読取手段4の受光面41が受光する回折光6の回折パターンとの相関について説明する。点Aは、y-z平面上の点であり、点Dは、x-y平面上の点である。また、点Bと、点Cとは、x-y平面について、対称の位置にある。

【0069】まず、溝22および溝23の断面形状が図2に示すような櫛歯状であり、レーザー光の入射角を $0^\circ$ とした場合における、球面21上の点A～点Dおよびその近傍に形成された回折格子のパターンと、読取手段4の受光面41が受光する回折光6の回折パターンとの相関について説明する。

【0070】レーザー光の入射角をほぼ $0^\circ$ とした場合、このような櫛歯状の断面形状を有する回折格子においては、図2に示すように、+1次の回折光とともに、-1次の回折光が発生する。なお、次数の絶対値が2以上である回折光については省略して説明する。

【0071】図4に示すように、点A付近においては、溝22と溝23とがほぼ直交している。したがって、点Aをレーザー光5で照射したときに得られる回折光6の

回折パターンは、図5に示すようなものとなる。

【0072】また、点B付近においては、図6に示すように、溝22と溝23とが平行四辺形の各辺に対応するような形で交差している。したがって、点Bをレーザー光5で照射したときに得られる回折光6の回折パターンは、図7に示すようなものとなる。

【0073】同様に、点C付近においては、図8に示すように、溝22と溝23とが平行四辺形の各辺に対応するような形で交差している。点Cをレーザー光5で照射したときに得られる回折光6の回折パターンは、図9に示すようなものとなる。

【0074】すなわち、点Cをレーザー光5で照射したときに得られる回折パターンは、点Bをレーザー光5で照射したときに得られる回折パターンと鏡像関係にあり、回転により重ね合わせることはできない。したがって、回折光6の回折パターンにより、点Bと点Cとを区別することが可能となる。

【0075】点D付近では、図10に示すように、溝22と溝23とがほぼ平行になっている。したがって、点Dをレーザー光5で照射したときに得られる回折光6の回折パターンは、図11に示すように、ほぼ一直線上に並ぶ点として観測される。

【0076】次に、溝(溝22および溝23)の断面形状が図3に示すようなノコギリ歯状の回折格子(ブレーズド格子)であり、レーザー光の入射角を $0^\circ$ とした場合における、球面21上の点A～点Dおよびその近傍に形成された回折格子のパターンと、読取手段4の受光面41が受光する回折光6の回折パターンとの相関について説明する。

【0077】ある特定の範囲のブレーズド角 $\theta_2$ を有するブレーズド格子においては、レーザー光の入射角をほぼ $0^\circ$ とした場合、図3に示すように、+1次回折光61は発生するが、-1次回折光62は発生しない。そのため、点A～点Dをレーザー光5で照射したときに得られる回折光6の回折パターンは、それぞれ図12～図15に示すようになる。

【0078】このように、読取手段4の受光面41上に現れる回折光のスポットの数が減少するので、後述するCPU等による演算処理が簡素化できる。

【0079】このような球面21上の各点における回折格子の形状と、読み取り手段4が受光する回折光6の回折パターンとの相関を利用した球面21上の位置の検出は、例えば、次のようにして行われる。

【0080】予め、球面21上の各点(球面21のほぼ全体を網羅するよう球面21上に設定された各点)における回折格子の形状と、対応する回折光6の回折パターンとの相関関係をCPU等に内蔵されたメモリに記憶させ、データベースを構築(テーブル化)しておく。

【0081】このような状態で、レーザー光照射手段3からレーザー光5を球面体2に向けて照射すると、レー

ザー光5は、球面21で回折され、レーザー光5の回折光6が読取手段4の受光面41に投影される。受光面41に投影された回折光6の回折パターンを光電変換し、その出力された信号をCPU等に入力する。

【0082】入力された信号は、予めメモリに記憶されている前記データベースと照合され、データベース中の一致するデータを検索することにより、照射点24が特定(検出)される。

【0083】以上、球面21上の1点を検出する方法について説明したが、本発明によれば、回転している球面21上の照射点24をリアルタイムに検出することができる。その一例として、レーザー光5をパルス光として間欠的に照射し、読取手段4の受光面41に投影された回折光6の回折パターンを前記パルス光と同期的に検出する方法が挙げられる。このような検出(連続的な検出)を行うことにより、球面体の回転方向、回転距離、回転速度等を特定することが可能となる。

【0084】図16は、本発明の位置検出機構の他の実施形態を示す図である。以下、図16に示す位置検出機構1について、前述の実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0085】レーザー光照射手段3から発せられるレーザー光5は、発散光(球面波)である。また、本実施形態の位置検出機構1では、球面体2と読取手段4との間に、レンズ(レンズ系)18等で構成される光学系が設置されている。

【0086】レーザー光照射手段3から発せられた光は発散光であるが、この光は、レンズ18により平行光束とされ、この平行光束が球面21に照射される。また、球面21の照射点で回折されたレーザー光5の回折光6は、レンズ18により集光され、読取手段4の受光面41に投影される。

【0087】このように、レンズ18は、レーザー光5を平行光束にするコリメータレンズとしての機能と、回折光6を集光し受光面41に投影し、受光面41上での回折光6のスポットを小さくする(シャープにする)集光レンズとしての機能とを併有している。そのため、簡単な構成で、読取手段4での回折パターンの読取精度を向上させることができる。

【0088】次に、本発明の位置検出方法、位置検出機構を用いた応用例について、図17および図18に基づいて説明する。

【0089】図17は、図1および図3に示す本発明の位置検出機構をロボットアームの関節に用いた応用例を示す図である。

【0090】ロボットアーム7は、第1アーム9と、第2アーム10と、アクチュエータ11と、前述の位置検出機構1とで構成されている。第1アーム9には、球面体2が固定されており、第2アーム10には、レーザー光照射手段3と読取手段4とが固定されている。また、

第2アーム10は、アクチュエータ11により関節8で、球面体2の球面21を構成する球の中心を中心として、任意の方向に回動可能となっている。

【0091】レーザー光照射手段3から球面体2に向けてレーザー光5（パルス光）を照射した場合、レーザー光5は球面21で回折され、回折光6が読取手段4の受光面41に投影される。回折光6の回折パターンから、前述したような方法で照射点24が特定（検出）される。

【0092】このようにして、球面21上の1点が照射点24として検出されることにより、その状態における第2アーム10の向き、角度等を特定することが可能となる。そのため、動作開始時における初期化（原点復帰）が不要となる。

【0093】また、レーザー光5を球面21に照射した状態で、アクチュエータ11が第2アーム10を回転させると、読取手段4の受光面41が受光する回折光6の回折パターンは変化する。この回折光6の回折パターンから、照射点24の検出が行われる。このような照射点の特定を繰り返し行うことにより、球面体2の相対的な回転方向、回転距離、回転速度等が求められる。これにより、第2アームの回転方向、回転距離、回転速度等が求められる。これらの情報は、アクチュエータ11の動作にフィードバックされる。これにより、第2アーム10の動作を自動制御することが可能となる。

【0094】このような位置検出機構1を用いたロボットアーム7においては、三次元的な動作（例えば、図1中のx軸、y軸およびz軸を中心とする3方向への回転）を行う場合であっても、複数の位置検出機構を必要としないので、装置の大型化、複雑化を防止することができる。

【0095】図18は、図1および図3に示す本発明の位置検出機構をペン（コンピュータ用入力手段）12に用いた応用例を示す図である。

【0096】ペン12は、ケーシング121と、ペン先として機能する球面体2と、レーザー照射手段3と、読取手段4とを有する。ペン12の先端部には、保持部122が設けられて、この保持部122に、球面体2が回転可能に保持されている。レーザー照射手段3と読取手段4とは、ケーシング121内に収納されている。

【0097】ペン12は、例えば、レーザー光5（パルス光）を球面21に照射した状態で、球面体2を紙面などに押圧しながら回転させることにより使用される。このとき、読取手段4の受光面41が受光する回折光6の回折パターンは、連続的に変化する。これらの回折パターンから、照射点24の検出を繰り返し行うことにより、球面体2の回転方向、回転距離等を求めることができる。これにより、ペン先の移動軌跡を求めることができる。

【0098】このようにして得られた情報は、必要に応

じて、CRT等に表示されてもよい。また、このような構造は、マウス等のコンピュータ用入力手段に用いられてもよい。

【0099】このように、本発明においては、レーザー光の回折による位置の検出を利用しているので、装置の大型化、複雑化を伴わず、球面の3軸方向への回転等、複雑な動作が行われるときの位置検出を行うことが可能である。そのため、本実施形態のような小型化、軽量化が求められる装置等への応用も可能である。

【0100】これらの応用例に示したように、球面上の位置を特定すること自体が最終目的でなく、検出された球面21上の位置情報（単一または連続的な位置情報）から得られる2次的な情報を利用することも可能である。

【0101】また、応用例として上記の2例を挙げたが、本発明の用途は、これらに限定されるものではない。

【0102】以上、本発明の位置検出方法および位置検出機構を図示の実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、位置検出機構の構成要素、特に、球面体は、同様の効果を發揮しうる任意の形状、構造のものと置換することができる。

【0103】例えば、球面体は、半球状のように、その表面の少なくとも一部に球面を有していればよい。

【0104】また、球面上に形成された回折格子を構成する溝は、いかなる形状のものであってもよく、例えば、x軸を中心とする複数の円と、y軸を中心とする複数の円と、z軸を中心とする複数の円とで構成されたものであってもよい。また、球面上に形成された溝の少なくとも一部は、球面上の互いに最も離れた2点を結ぶことにより描かれる複数の半円（地球儀の経線のような半円）で構成されたものであってもよい。

【0105】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の位置検出方法および位置検出機構によれば、装置の大型化、複雑化を伴わずに球面上の位置を検出することができる。

【0106】また、球面状の各点における回折格子のパターンと、読取手段の受光面が受光する回折光の回折パターンとを1対1で対応させることにより、相対的な位置のみならず、球面体の絶対的な位置を定めることができる。そのため、本発明の位置検出機構を用いた装置等においては、動作開始時に初期化（原点回帰）を行うことなく、球面の絶対位置を特定できる。

【0107】さらに、装置の大型化、複雑化を伴わずに、比較的簡単な構成で、球面の3軸方向への回転のような複雑な動作時の位置検出を行うことが可能であるので、ロボットの関節、コンピュータ入力装置、各種センサー、計測機器等あらゆる分野のあらゆる装置への応用も可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の位置検出機構の実施形態を模式的に示す図である。

【図 2】球面体の球面上に形成された回折格子の断面形状の一例を示す図である。

【図 3】球面体の球面上に形成された回折格子の断面形状の一例を示す図である。

【図 4】図 1 に示す球面体の球面上の点 A 付近における回折格子の形状 (パターン) を示す図である。

【図 5】図 1 に示す球面体の球面上の点 A に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 6】図 1 に示す球面体の球面上の点 B 付近における回折格子の形状 (パターン) を示す図である。

【図 7】図 1 に示す球面体の球面上の点 B に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 8】図 1 に示す球面体の球面上の点 C 付近における回折格子の形状 (パターン) を示す図である。

【図 9】図 1 に示す球面体の球面上の点 C に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 10】図 1 に示す球面体の球面上の点 D 付近における回折格子の形状 (パターン) を示す図である。

【図 11】図 1 に示す球面体の球面上の点 D に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 12】図 1 に示す球面体の球面上の点 A に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 13】図 1 に示す球面体の球面上の点 B に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 14】図 1 に示す球面体の球面上の点 C に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 15】図 1 に示す球面体の球面上の点 D に照射されたレーザー光の回折光が読取手段の受光面上に形成する回折パターンを示す図である。

【図 16】本発明の位置検出機構の他の実施形態を模式的に示す図である。

【図 17】本発明の応用例を示す図である。

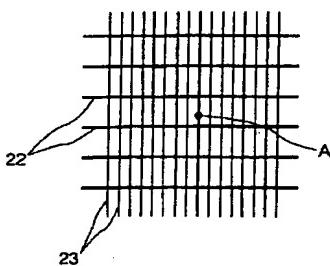
【図 18】本発明の応用例を示す図である。

【図 19】従来のエンコーダを用いた 3 軸方向に回転可能な関節を有するロボットアームを示す図である。

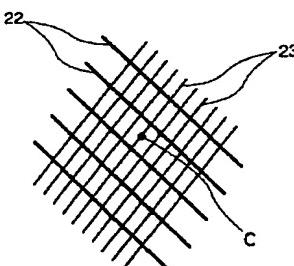
【符号の説明】

1	位置検出機構
2	球面体
2 1	球面
2 2	溝
2 3	溝
2 4	照射点
3	レーザー光照射手段
4	読取手段
4 1	受光面
5	レーザー光
5 1	レーザー光源
6	回折光
6 1	+ 1 次回折光
6 2	- 1 次回折光
7	ロボットアーム
8	関節
9	第 1 アーム
1 0	第 2 アーム
1 1	アクチュエータ
1 2	ペン (コンピュータ用入力手段)
1 2 1	ケーシング
1 2 2	保持部
1 3 a、1 3 b、1 3 c	エンコーダ
1 4	スリット付き回転板
1 4 1	スリット
1 5	発光素子
1 6	受光素子
1 7	軸
1 8	レンズ

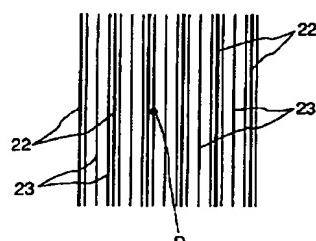
【図 4】



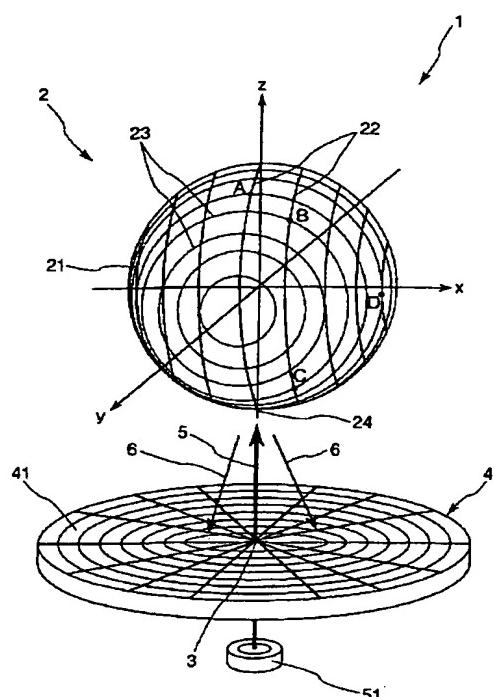
【図 8】



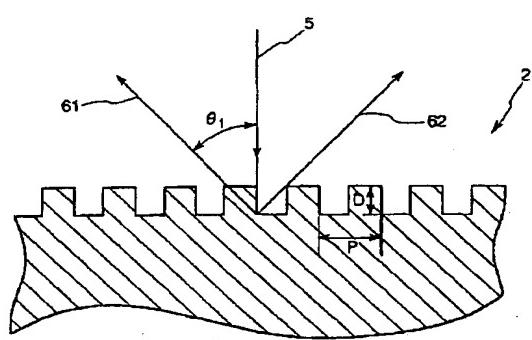
【図 10】



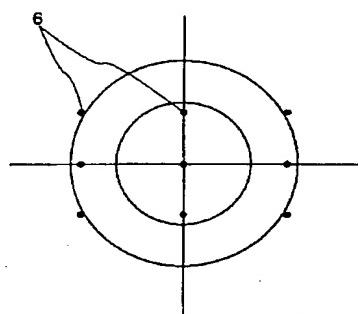
【図1】



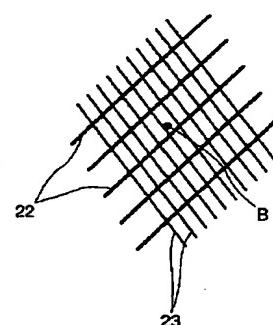
【図2】



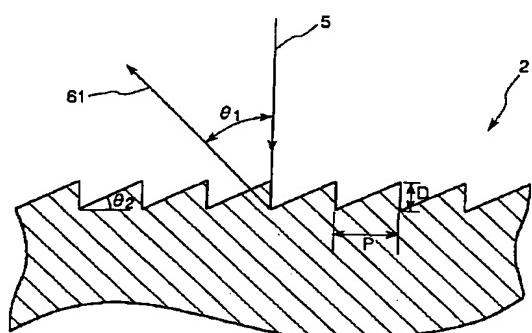
【図5】



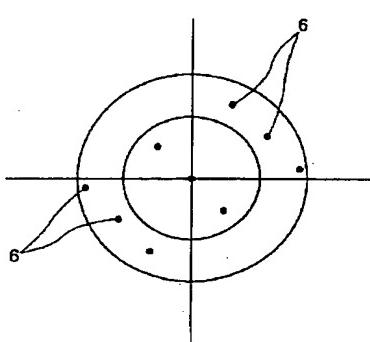
【図6】



【図3】



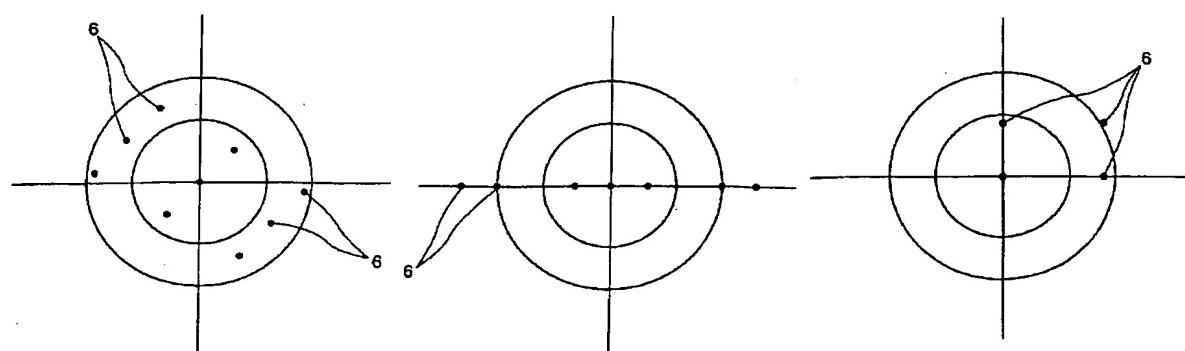
【図7】



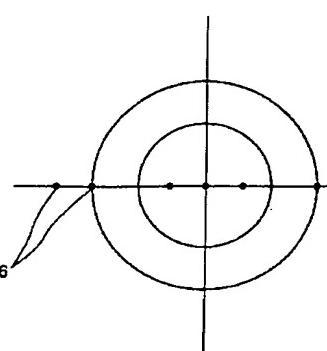
【図 9】

【図 11】

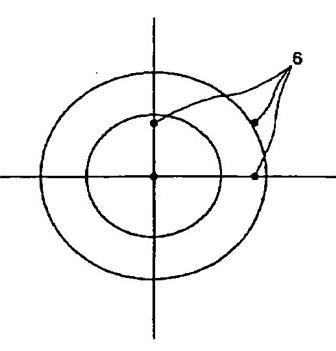
【図 12】



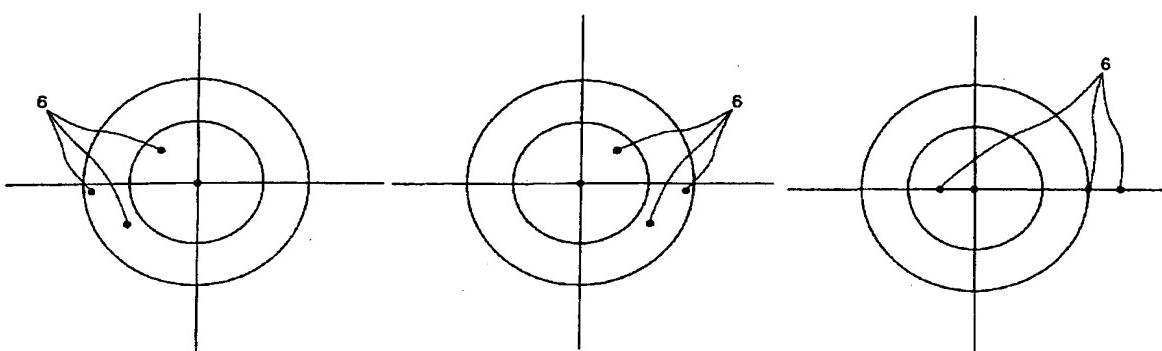
【図 13】



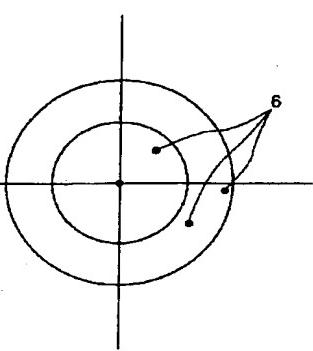
【図 14】



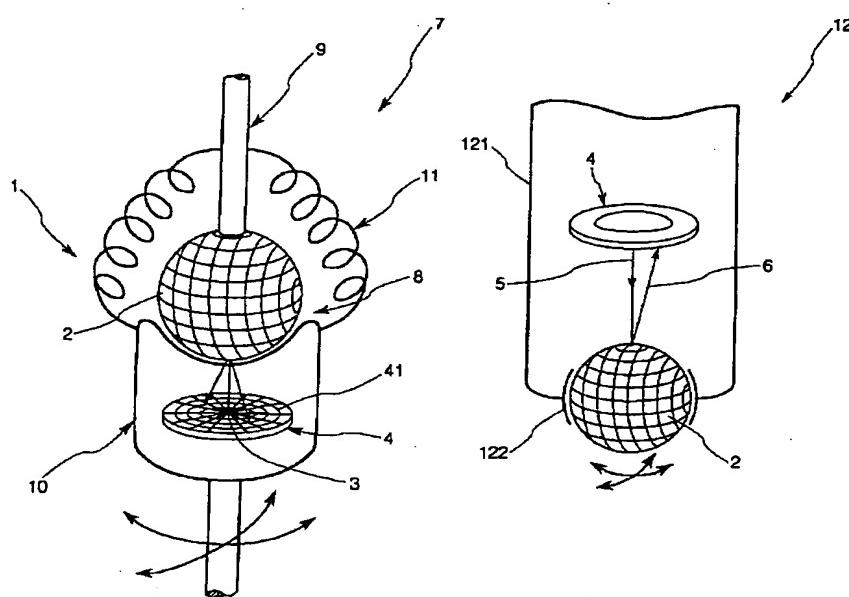
【図 15】



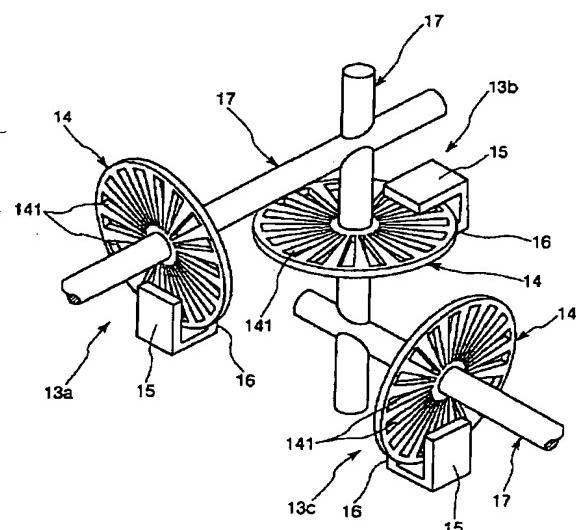
【図 16】



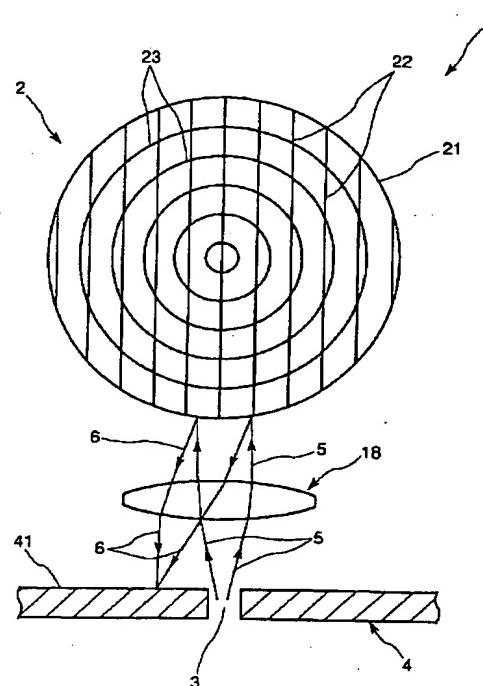
【図 17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA03 AA39 DD02 FF17 FF48  
 GG04 GG12 HH02 HH03 HH04  
 HH13 JJ03 JJ26 LL42 QQ38  
 RR06 UU08  
 2F103 BA43 CA03 CA04 DA13 EA03  
 EA05 EA11 EA20 EB02 EB14  
 EB15 EB32